

• DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

010624691 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1996-121644/\*199613\*

XRPX Acc No: N96-102084

**Projector and exposure appts. for semiconductor device mfr. - has  
projection optical part with reflection planes on bent planes and at  
least one diffraction optical element which is formed on reflection plane  
of reflection part**

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 8017720	A	19960119	JP 94170378	A	19940630	199613 B

Priority Applications (No Type Date): JP 94170378 A 19940630

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 8017720	A		6 H01L-021/027	

Abstract (Basic): JP 8017720 A

The appts. involves radiating a luminous flux from a light source to a mask. A pattern of the mask is exposed on a light exposure substrate. A projection optical series which comprises several numbers of reflection members is equipped with reflection planes on bent planes and at least one diffraction optical element. The diffraction optical element is formed on the reflection plane of the reflection member.

USE/ADVANTAGE - Provides projection optical series for short wave range where transmission refraction lens cannot be used.

Dwg.1/2

Title Terms: PROJECT; EXPOSE; APPARATUS; SEMICONDUCTOR; DEVICE; MANUFACTURE  
; PROJECT; OPTICAL; PART; REFLECT; PLANE; BEND; PLANE; ONE; DIFFRACTED;  
OPTICAL; ELEMENT; FORMING; REFLECT; PLANE; REFLECT; PART

Derwent Class: P84; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C04E1

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-17720

(43)公開日 平成8年(1996)1月19日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 0 1 L 21/027  
G 0 3 F 7/20

識別記号 庁内整理番号  
5 2 1

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/ 30 5 1 7

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平6-170378

(22)出願日 平成6年(1994)6月30日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 牛田 一雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(72)発明者 松本 宏一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

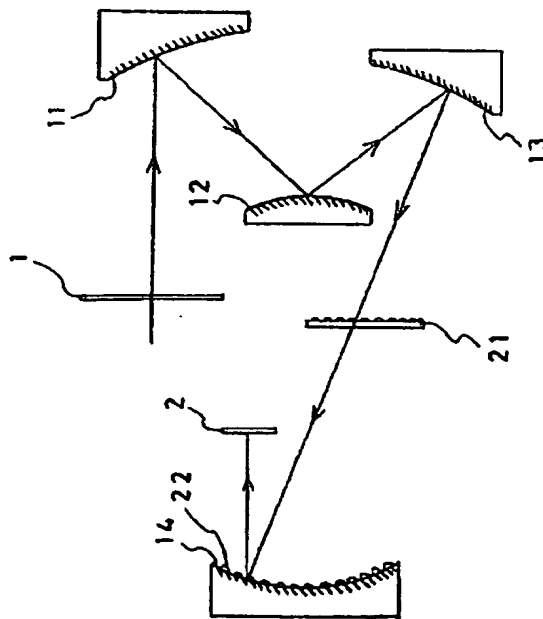
(74)代理人 弁理士 佐藤 正年 (外1名)

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 反射型の縮小投影露光装置を構築し、透過屈折レンズを用いることができないような短波長域においても使用できる投影光学系を提供すること。

【構成】 光源手段からの光束をマスクに照射することにより投影光学系を介して前記マスクのパターンを感光基板上へ露光する投影露光装置であって、前記投影光学系は、曲面上の反射面を持つ複数の反射部材と、少なくとも一つの回折光学素子を含むもの。前記回折光学素子が、反射部材の反射面に形成されているもの。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源手段からの光束をマスクに照射することにより、投影光学系を介して前記マスクのパターンを感光基板上へ露光する投影露光装置において、前記投影光学系は、曲面上の反射面を持つ複数の反射部材と、少なくとも一つの回折光学素子とを含むことを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記回折光学素子が、前記反射部材の反射面に形成されていることを特徴とする請求項1に記載した投影露光装置。

【請求項3】 前記複数の反射部材の内の少なくとも二つは、夫々の反射面の曲率中心位置が互いに異なる位置になるように配設されており、投影光学系全体として縮小光学系を構成することを特徴とする請求項1又は2に記載した投影露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばマスクに形成された所定のパターンを感光基板上に投影露光するために使用される反射型の投影露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来からICやLSI等の半導体素子やこれに類する液晶素子、薄膜直ヘッド等の微細パターンを有する部材の製造工程においては、所定のパターンの転写露光を伴ういわゆるリソグラフィ工程が応用されている。ここでは、所定の回路パターン等を有するマスクから、投影光学系を介してシリコンウエハ等の感光基板上にこのパターンを露光投影して転写する工程が行なわれる。

【0003】また、半導体素子の集積度が上り、パターンの微細化が進むに従い、この種の装置の投影系の倍率としては、縮小倍率のものが一般的になってきている。この理由は、もし等倍であるとする、フォトマスク上のパターンを投影されるべきパターンと同じ寸法で作成しなくてはならず、フォトマスク作成に困難をきたすためである。また、フォトマスクの欠陥やゴミ等の管理も困難が予想される点である。

【0004】このようなパターンの転写露光に用いられる投影露光装置の投影光学系には高度な解像力が要求されるが、光学系の分解能は使用する光束の波長に関連することから、この種の光学系に使用する光束の短波長化が進んでいる。今日に至るまでの短波長化の経緯を見ると、水銀ランプの輝線スペクトルであるg線( $\lambda=436\text{nm}$ )、i線( $\lambda=365\text{nm}$ )と進んできて、Kr-Fエキシマレーザー( $\lambda=248\text{nm}$ )を用いる露光装置が商業ベースで利用できる状況になってきている。そして、Ar-Fエキシマレーザー( $\lambda=193\text{nm}$ )を用いる露光装置が研究されている。

【0005】ところで、いわゆる半導体集積回路では、従来のICやLSIから近年のVLSI、ULSI等へ

の移行の様に更なる高集積化が進んでおり、要求される解像力(分解能)も更に高くなってきている。このため、投影光学系は縮小型のものが用いられているが、従来より短波長の光束を用いる等の手段により、これらの高集積化の要請に対処する必要性が生じており、例えばF<sub>2</sub>レーザー( $157\mu\text{m}$ )やX線等の利用化が研究されている。

【0006】しかしながら、従来の屈折レンズを用いた投影光学系では、透過率等の問題から充分な結像特性が得られない問題があり、従来の光学素子や補正手段のみでは、短波長化による更なる高集積化の要請には充分に応じられないのが実状であった。また、反射部材のみを用いた投影光学系も実用化されているが、球面鏡等の反射特性の問題から、微細パターン転写に有効な縮小型の投影光学系の構築が極めて難しく、実用的な光学系が構築できない問題があった。

【0007】このように、縮小倍率を持ち、かつ短波長化(による高解像度化)を目的とする技術開発の流れの中で、どのような投影光学系(あるいは投影露光装置)が今までに実現しているかを概観してみる。

【0008】古くから、そして、現在に至るまで使用されている光学系の形態として、最も一般的に利用されているものが屈折光学系である。この屈折光学系は、Step-and-Repeat System(いわゆるステッパー方式の投影露光装置)に用いられているものであり、光軸上に複数の屈折部材を配置して縮小倍率を達成すると共に結像諸収差を補正したものである。ここで、屈折部材とは、光軸まわりに回転対称な曲面により構成される、いわゆるレンズである。

【0009】一方、従来の屈折部材を用いない投影光学系としては、一番容易には反射面のみにより構成する反射光学系が考えられるが、この種の反射光学系では、等倍の結像倍率を実現できることが知られている。その例は、いわゆるオフナー(Offner)の光学系として知られているものであり、具体的構成は、特公昭57-51083号に開示されている。しかしながら、反射面のみで構成される縮小倍率の投影光学系は、まだ見出されていないのである。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の技術においては、投影光学系を構成する光学系内に屈折部材が必須であったが、短波長域では、屈折部材としてのガラス材料の透過率が極めて悪くなるという難点が周知である。

【0011】具体的には、Kr-Fエキシマレーザーの波長( $\lambda=248\text{nm}$ )から、Ar-Fエキシマレーザーの波長( $\lambda=193\text{nm}$ )の領域においては、既に一般の光学ガラスを用いることができないため、石英あるいは蛍石ガラスといった特殊なガラス材料により、光学系内の屈折部材を構成している。

【0012】仮に、当該波長領域での透過率の悪いガラス材料等を屈折部材に用いると、透過量が少なくなつて露光装置の性能が悪化し、露光作業のスループットを悪化させるのみならず、透過しない分の光量は屈折部材を構成するガラス材料に吸収されるので、光学系全体がここで発生する熱による熱変形や屈折率変化等の問題から性能劣化を受けるといふ点が重大な問題として挙げられる。

【0013】そこで、短波長化というトレンドの延長上に、縮小投影露光装置を考えると、屈折部材を必要とする前述のような技術では、ArFエキシマレーザー( $\lambda=193\text{nm}$ )あたりが短波長化の限界であり、更なる短波長化、例えばF<sub>2</sub>レーザー( $\lambda=157\text{nm}$ )等を光源とする縮小投影露光装置は、構成し得ないことになってしまう。

【0014】一方、反射光学系のみで正確なパターンの露光転写が行える縮小型の光学系を構築することは、反射特性のみの限界から従来の技術では不可能であり、一部に屈折部材を利用したものが実現化されているが、屈折部材(内の透過光路が長い)が大きく、短波長の光束を利用することができないものとなっている。

【0015】例えば、米国SVGL社よりマイクラスキャン(Micrascan)の商品名で出されている露光装置は、Step-and-Scan Systemというコンセプトのものであるが、この装置では、投影光学系に反射屈折光学系が用いられている。この反射屈折光学系では、複数枚の反射面と、複数の屈折部材により構成されているものである。

【0016】本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、一般的な屈折部材を用いることができないような短波長域においても使用することができる縮小型の投影光学系を構築し、当該光学系を搭載する縮小型の投影露光装置を提供することを目的とするものである。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく、本願請求項1に記載した発明では、光源手段からの光束をマスクに照射することにより投影光学系を介して前記マスクのパターンを感光基板上へ露光する投影露光装置において、前記投影光学系が、曲面状の反射面を持つ複数の反射部材と、少なくとも一つの回折光学素子とを含むことを特徴とする投影露光装置を提供する。

【0018】請求項2に記載した発明では、請求項1に記載した投影露光装置において、前記回折光学素子が、前記反射部材の反射面に形成されていることを特徴とするものである。

【0019】請求項3に記載した発明では、請求項1又は2に記載した投影露光装置において、前記複数の反射部材の内の少なくとも二つが、夫々の反射面の曲率中心位置が互いに異なる位置になるように配設されており、投影光学系全体として縮小光学系を構成することを特徴

とするものである。

【0020】

【作用】本発明は上記のように構成されているため、反射部材と回折光学素子により投影光学系を構成するものとしているので、反射部材による光路の偏向作用に加えて回折素子による光路の偏向作用を組み合わせることによって、所定のパターンの投影(転写)を行うものとなっている。

【0021】ここで、回折光学素子は、光の回折作用を利用して光路の偏向を行なわせる光学素子であり、近年この種の投影露光装置等に用いる光学素子として注目されている。この回折光学素子によれば、短波長の光束の光路をも任意に偏向させることが可能である。

【0022】更に、いわゆる屈折レンズとは異なる波長一偏向特性を示すことから、屈折レンズとの組合せによる新たな収差補正手段等が注目されているが、反射特性の補正にも応用可能であることが、本発明者らの研究で明らかになった。

【0023】回折光学素子としては、例えばフレネルゾーンプレート等が良く知られているが、一般的なフレネルゾーンプレートは光透過性の基板上に同心円状の透光部材を設けた構造のものであり、透過領域からの光束の回折作用を利用して所定位置に光束を集光させるものが一般的である。

【0024】ゾーンプレートを含む回折光学素子の構造は、上記のような透過部と透光部によるもののみではなく、透過特性(屈折率、透過距離等)が異なる領域を段階的に設けたものや、基板内部に屈折率分布による透過特性の異なる部分を設けたもの等が知られている。前者の代表的なものは、いわゆるバイナリーオプティカルエレメント(BOE)であり後者の代表的なものは、いわゆるホログラムオプティカルエレメント(HOE)である。

【0025】BOEは、リソグラフィの工程を利用して光透過性部材に階段状の表面形状を形成し(反射部材の表面に形成しても良い)、透過距離を部分的に異ならしめることにより回折作用を生じさせるものであり、フレネルゾーンプレートの作用効果を持つ構成のものを図2に例示する。BOEは、その製造方法から微細な任意のパターンを高精度でかつ自由に構築できる利点があり、その応用分野が特に注目されている。(写真工業、1994年、3月号94頁)

【0026】これらのBOE等の高度な回折光学素子によれば、生じさせる回折光も従来良く知られた一点への集束作用を有するもののみならず、任意の光波面を所望の光波面に変換すること、光分散機能を有すること、光集束機能と光束分離機能等を複合させること等の自由な回折作用を生じさせることが可能である。

【0027】さらに、BOEは薄くて軽量であり、量産が容易であること、製造が容易で高い回折作用が得られ

ること、光利用率が高いこと、深紫外領域の光束でも光路の偏向が可能であること等から、投影光学系の光学部材としての応用が研究されてきた。

【0028】ところで、回折光学素子の振る舞いは、W. C. Sweattの論文(J. Opt. Soc. A m. vol. 69, No. 3, p. 486 (1979))によると、厚さ無限小、屈折率無限大の屈折レンズと等価である。

【0029】従って、縮小倍率で反射型の投影光学系において、屈折部材の担っていた役割を、回折光学素子に

【0030】本発明においては、縮小型の投影光学系を反射部材と、回折光学素子で構成するので、通常、一般的な透過型の屈折部材が使用できないとされる短波長域においても、縮小型の投影露光装置を実現することができ

【0031】ここで、本発明にかかる反射型の縮小投影露光装置における構成上の制約として以下のようなことがある。まず第1に、回折光学素子は使用する光の波長幅に応じた分散を有している。これは、波長により回折角が異なってくることに起因している。このため、近軸域で話をすれば、回折光学素子としては、パワー（又は回折角）をゼロ（焦点距離、無限大）に近い状態にするのが望ましい。

【0032】しかし、このことは回折光学素子が平行平板と等価であることを意味するわけではない。回折光学素子は、近軸域ではパワーをゼロに形成しても、他の部分において光路を簡易かつ任意に偏向できるので、容易

【0033】第2に、このような回折光学素子の有している分散特性を考慮すると、使用する光束の波長域が小さいことが好ましく、このような光束を生じさせる光源としては波長幅の小さいものが適していることが理解される。従って、光源としてはレーザーが望ましい。

【0034】第3に、先に述べた様に、回折光学素子は、屈折率無限大と等価となるのであるから、ベッツパール(Petzval)和への寄与はゼロである。故

【0035】即ち、これらを勘案すると、発振波長帯域

影像に歪み等を生じさせる収差や反射偏向光等を回折光学素子で部分的な光路の偏向等を行い、正確な投影像が得られるように光路の偏向を行うように設計することで、反射型の縮小投影光学系並びにこれを利用した投影露光装置が構築できる。

【0036】ここで、回折光学素子は例えばBOEのように薄い光透過性基板上に構築された回折パターンからなるものであれば、投影光学系の光路中に透過部材として配しても、ここでの透過光量の減少はほとんど問題と

【0037】次に、請求項2に記載した発明では、反射部材の曲面状の反射面に回折光学素子を形成しているが、言い換えると回折光学素子と反射部材とを一体に構成したものであり、投影光学系を構成する部材点数が減少する利点がある。

【0038】このような一体型の反射回折光学素子は、反射鏡の表面に回折パターンを形成することで構築できる。例えば、反射面上にBOE等の製造工程を応用して、光透過性部材の積層パターンを形成する等の方法で容易に製造できる。

【0039】また、請求項3に記載した発明では、前記複数の反射部材の内の少なくとも二つが、夫々の反射面の曲率中心位置が互いに異なる位置になるように配設されているので、これらの反射部材の反射作用により投影像が変倍される。即ち、本発明における投影光学系の変倍作用は、反射部材の曲面反射作用や、回折光学素子の回折偏向作用により変倍するものでも良いが、少なくとも反射部材の曲率中心が同一であればそれらの間での変倍作用は生じずに等倍となる。

【0040】本発明のように、反射部材の曲率中心を異ならしめることにより、これらの間での反射偏向作用で投影像は変倍される。ただし、このような曲面の反射のみでは投影像に歪みが生ずるので、回折光学素子により投影像の歪みを打ち消すように光路を修正する偏向作用を持たせている。

【0041】

【実施例】以下、実施例を通じ本発明をさらに詳しく説明する。図1は、本発明の一実施例に係る投影光学装置の主要部を示すものであり、フォトマスク1は、図示しない照明光学系より射出される露光光により透過照明され、フォトレジストが塗布されたウエハからなる感光性

7

の反射面を持つ反射鏡11により反射され、凸曲面の反射面を持つ反射鏡12に導かれ、更にここで反射されて、凹曲面の反射面を持つ反射鏡13に導かれる。反射鏡13で反射された光束は、透過型の回折光学素子21に入射し、ここで光路が一部偏向されて凹曲面の反射面とその表面に回折パターン22が形成された回折反射鏡14に導かれ、ここで反射回折されて感光性基板2上にマスク1のパターンの像が縮小変倍されて投影される。なお、これらの反射面の曲率中心位置はすべてが一致するということがないように配置されている。

【0043】ここで、回折光学素子21は、例えば石英ガラス基板上に形成された透過部材からなる回折パターンを有する回折光学素子である。なお、石英ガラス基板自体をエッチング処理して回折パターンを形成したものであっても良い。

【0044】また、この回折光学素子21は、透過型のものを使用しているが、いわゆるBOE等の製造方法によれば基板自体は非常に薄いもので構築できるので、屈折レンズを用いる場合と異なって、透過率（透過光量の減少）、及び熱（光の吸収）もほとんど問題とならない。なお、回折光学素子21を平面反射部材上に設けた回折パターンを有するものとしここで光路を折り曲げて光学系を構成することも可能であり、この場合には透過素子を用いずに投影光学系が構築できる。

【0045】一方、回折反射鏡14も同様に反射鏡の表面に透過部材又は反射部材の積層構造を有する回折パターンが形成された一種の回折光学素子である。前述したようにBOE等の回折光学素子は、回折パターンを平面上のみならず曲面上にも形成できるものであり、さらに透過部材のみならず反射面上にも形成することが可能である。

【0046】次に、本実施例の投影光学系の基本的倍率は、大旨、反射面（反射鏡11、12、13、回折反射鏡14）だけで決められている。即ち、3個の凹曲面と1個の凸曲面の反射（偏向）作用により、反射面のみで構成される縮小倍率の投影光学系が構築されている。

【0047】縮小倍率としては、現行トレンドとしては、 $1/4 \sim 1/5$ 倍が適正であるとされている。また、フォトマスク面と感光性基板の間の結像関係は、円環状スリット領域に行かない、フォトマスクと感光性基板を縮小の結像倍率比で沿うほうをスキャンする構成とするのが好ましい。さらに、回折光学素子（21、22）は、いわゆる屈折面における屈折作用のアナロジーでいえば、非球面の効果を有するものであり、上記のように反射鏡で構成される変倍光学系の収差補正の機能を有している。

【0048】即ち、投影光学系の基本倍率は回折光学素子以外の反射面により定められているので、回折光学素子は収差補正に寄与する構成とされている。ここで、収差とは球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲

8

収差等であり、回折光学素子を複数枚用いる場合は、その配置構成により補正対象となる収差が決まる。

【0049】例えば、全景の離面付近に配される場合は、球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、歪曲収差の順に収差補正の効果が大きい。また、像面（中間像を含む）の付近に配される場合は、これとは逆に歪曲収差、像面湾曲、非点収差、コマ収差、球面収差の順に収差補正の効果が大きい。

【0050】図1に示す実施例においては、回折光学素子21の付近に中間像が形成されるので回折光学素子21により主に歪曲収差、像面湾曲、非点収差の収差補正を行ない、離面付近に位置する回折光学素子22が球面収差、コマ収差、非点収差の補正を主に行なう構成としている。

【0051】従って、本実施例では上記のように反射型の縮小投影光学系を用いた露光装置が構築でき、その投影像は歪みのない微細なパターンが再現されている。また、基本設計を更なる短波長（F、レーザー（ $\lambda = 157 \text{ nm}$ ）等）に合わせて、露光装置を構築することも可能であり、従来より高精度な微細パターンの転写露光が行えるものとなる。

【0052】なお、本実施例では、回折光学素子を2つとして、図1に示したような位置に配置したが、これは本実施例における反射鏡の配置構成から生ずる収差補正の都合により決定されたものであり、これに限定されるものではない。同じ反射鏡の配置構成においても、異なる位置に異なる構成の回折光学素子を異なる個数設けても良い。

【0053】また、各反射面の配置も図1に示す構成に限定されるものではない。必要とする倍率等に合わせて設計された光学系の構成に合わせて、任意の個数にて、任意の位置に配置することが可能である。いずれの場合にも、本発明の要旨を逸脱していない範囲で、反射鏡並びに回折光学素子を組み合わせ、適正な倍率で正確な投影像が得られるように種々の構成を設計すれば良い。

【0054】

【発明の効果】以上説明したとおり、本発明によれば、回折光学素子を利用することで反射型の縮小投影光学系が容易に構築できるので、投影光学装置としての応用範囲が広がる利点がある。

【0055】特に、従来不可能であった透過屈折部材を用いずに、主に反射部材のみで変倍（縮小型）投影光学系が実現できるので、短波長域における転写露光が可能となる。即ち、一般に屈折部材を用いることができないとされている短波長領域においても使用可能な縮小投影光学系を実現することができることとなる。言うまでも無く、使用光束の短波長化は、投影光学系の解像力の向上を意味するものであるため、短波長域の光束を利用した更なる微細パターンの高精度の転写露光が可能となる。

【0056】さらに、本発明は、いわゆるフォトリソグラフィにて用いられる縮小投影光学系を搭載する投影露光装置のみならず、いわゆるX線リソグラフィにおける露光装置としても適用できる。即ち、X線も電磁波の一種であり、反射部材における反射はスネルの法則（入射角＝反射角）に従い、回折光学素子における回折現象も光と同様に認められるためである。従って、本発明を応用することにより、X線を利用した等倍もしくは変倍の投影光学系も構築できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る投影露光装置の主要構成を示す概略説明図である。

【図2】バイナリーオプティカルエレメント（回折光学素子）の一例の概略構成を示す説明図である。

【符号の説明】

1：フォトマスク

2：感光性基板

11、13：凹反射鏡

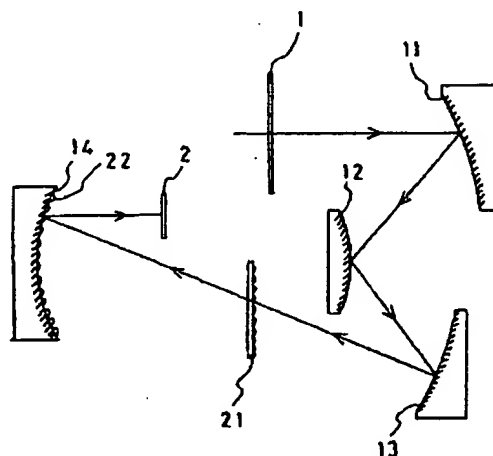
12：凸反射鏡

14：回折反射鏡

21：透過型の回折光学素子

22：反射型の回折光学素子（反射鏡の上に設けられた回折パターン）

【図1】



【図2】

